

平成 20 年度マダイ日本海西部・東シナ海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（吉村 拓、鈴木 健吾）

参画機関：鳥取県栽培漁業センター、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

本系群マダイの資源量は 1996 年にピークを迎えた後、2003 年まで減少傾向にあったが、2004 年以降増加に転じ、2007 年は前年より 1,040 トン増加して 1986 年以降で最大となった。漁獲量も前年から 424 トン増加し、再生産成功率は前年よりやや低下したものの、依然として過去 20 年の平均を超えていることから、現在の資源水準は中位で増加傾向にあると判断された。2007 年以降の再生産成功率（1 歳の加入尾数/親魚量）が過去 20 年間の平均的なレベルで続く場合、現状の F のまま推移しても、10 年後の親魚量は 2007 年の 1.4 倍に達する。このため、現状の F を F_{limit} とし、不確実性を見込んだ $0.8F_{limit}$ を F_{target} とした。

	2009 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC $_{limit}$	6,800 トン	$F_{current}$	0.46	35%
ABC $_{target}$	5,700 トン	$0.8F_{current}$	0.37	29%

F 値は各年齢の平均値。ABC に 0 歳魚は含まれない。 $F_{current}$ は 2007 年の F。

年	資源量(トン)	漁獲量(トン)	F 値	漁獲割合
2006	17,679	6,178	0.46	35%
2007	18,719	6,370	0.46	34%
2008	19,502	-	-	-

2008 年の資源量はコホート解析による過去 20 年間の平均的な再生産成功率に基づく予測。資源量に 0 歳魚は含まない。

水準：中位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 漁業種別・月別体長組成(鳥取～熊本(6 県)) 漁業種・月別・銘柄別漁獲量(福岡、鹿児島) 精密測定調査(熊本)
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.125$ を仮定 (田中 1960)
マダイ人工種苗放流数	県別・水域別放流尾数(水産総合研究センター)
放流魚混入率	市場測定(佐賀、熊本、鹿児島各県)
マダイ養殖収穫量	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) ポケット水産統計 平成 19 年度版(農林水産省)

1. まえがき

2007 年の全国マダイ漁獲量 15,589 トンのうち、43% に相当する 6,686 トンが日本海西部(鳥取県以西)から九州西岸(鹿児島県佐多岬以西)に至る水域で漁獲されている(表 1)。本報告では、この水域に分布する群を単一の系群として取り扱う。東シナ海の以西漁場における漁獲は本系群には含まれていない。

マダイは養殖業も盛んであり、全国における養殖収穫量は 2003 年以降減少傾向にあるものの、過去 3 年平均(2004-2006 年)で 76,061 トン、2007 年天然漁獲量の 4.9 倍に達している。1990 年代以降、天然魚の価格低下傾向が続いており、近年では平均的に見ると養殖魚との価格差は小さい。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群のマダイは、島根県以西の日本海沿岸と、鹿児島県佐多岬以西から九州西岸域に分布し(図 1)、島根県の隠岐島周辺や山口県から鹿児島県にかけての九州西岸海域で、島周りを中心にいくつかの産卵場を有することが知られている。1～3 歳魚は春季の接岸と秋季の離岸(沖合越冬)の季節的移動を繰り返す。4 歳以上の成魚は等深線に沿った移動を行い、広域的に回遊すると推定されている。

(2) 年齢・成長

孵化後の尾叉長は、半年で約 9cm、1 年で約 14cm、2 年で約 22cm、3 年で約 30cm(図 2)となり、3 年目から産卵に加わり(図 3)、寿命は約 20 年と推定されている。

(3) 成熟・産卵

産卵期は南ほど早く、鹿児島では 2 月から、長崎県の五島西沖や鯨曾根では、産卵期は 3 月上旬～5 月下旬、福岡県でも 5 月下旬まで続く。孵化した仔魚は 30～40 日の浮遊期の後に底生生活に入り、幼魚は 4～5 月頃に沿岸一帯に広く分布する。

(4) 被捕食関係

稚魚はかいあし類コペポダイトや尾虫類を、成魚は甲殻類や貝類、多毛類などを主要な餌とする。捕食者はより大型の魚類などである。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

多種多様な漁法によって漁獲されている上に、県によってそれらの割合も大きく異なる点の特徴である。ただし、2007年の大海区別漁獲データが利用できなかったことと、漁獲量が公表されない漁業種が増えたことから、当系群の2007年における漁業種類別漁獲量は集計できなかった。県別の漁獲割合は、福岡県(28%)が最も多く、長崎県(25%)、熊本・山口両県(各12%)がこれに次いだ(図4)。なお、遊漁による漁獲量の推定値は平成9年で全体の2.1%と小さく(農水省統計情報部1998)、本報告ではその影響は無視できると仮定した。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、1969年の約1万1千トン进行ピークとし、その後比較的長期の減少傾向を示し、1990年には約5,100トンまで減少した。その後1999年に約6,800トンまで回復したが、2000年以降は再び減少に転じ、2003年には1990年と同じ最低水準に戻った。翌2004年から再び増加に転じており、2007年は前年より424トン増加して6,686トンとなった(表1、図5)。

4. 資源の状态

(1) 資源評価の方法

漁業種別体長組成や年齢組成、あるいは過去の漁業種類別年齢組成資料に基づいて推定された県別の漁業種類別年齢別漁獲尾数を合計し、系群全体の推定年齢別漁獲尾数とした。これを用いて、Popeの近似式(Pope 1972)によるコホート解析を行った。自然死亡係数 M は、寿命を20年として田内・田中の式(田中1960)で求めた0.125を用いた。コホートがまだ完結していない年齢群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去3年間平均の漁獲係数 F を用いて計算した。2006年の最高齢の F は、同一年の1歳若い年齢群の F と同じになるよう調整した。なお、1993年頃から各地で0歳魚の捕獲が禁止されたため、資源への加入年齢は1歳とし、解析では0歳魚を除外した。

(2) 資源量指標値の推移

本系群マダイは多種多様な漁業の対象になっている上に、近年の魚価の低迷から混獲物として水揚げされる事例も増えている。これらのことから漁獲努力量の把握は困難であり、コホート解析においてCPUEによるチューニングは行っていない。

(3) 漁獲物の年齢組成

漁獲物に占める年齢別割合は概ね横ばい傾向であるが、2006 年の 1 歳加入尾数が多かったため、2007 年は 2 歳魚の占める割合が増加し、全体の 38%を占めた(図 6)。2007 年の漁獲尾数に占める 1 歳魚と 2 歳魚の割合は 72%であった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

年齢別漁獲尾数に基づくコホート計算結果(表 2、図 7)によると、資源量は 1989 年の 1 万 6 千トンから 1996 年には 1 万 8 千トンまで増加したが、その後は減少傾向に転じ、2003 年には過去最低の 1 万 5 千トンとなった。2004 年以降は増加傾向に転じ、2007 年の資源重量は前年より 1,040 トン増加、資源尾数も 1,670 万尾増加した。漁獲係数の年齢平均値は 1986 年以降およそ 0.4 から 0.6 の範囲を推移しており、2006 年は前年に引き続き過去平均を下回った(図 8)。

自然死亡係数(M)の誤差が、コホート解析の結果にどの程度影響を与えるか試算した。Mを変化させた場合の資源量、親魚量、加入量の変動を図 9 に示す。Mが大きくなるといずれの値も増加しており、解析に用いた M(0.125)に 20%の誤差があった場合、その資源量、親魚量、および加入尾数の推定値が受ける影響は 5~6%である。

(5) 資源の水準・動向

資源量推定値が得られている 1986 年以降で検討すると、2007 年の資源量は過去最高であった 1996 年から 1.4%増加、資源尾数も同 1997 年から 2.3%増加と、いずれも高いレベルに回復した。再生産成功率は過去最高値であった 2006 年よりやや減少したが、依然として過去 20 年間では 2 番目に高い値である。ただし、より長期的に見た場合、2007 年の漁獲量は過去最高であった 1969 年の 60%であり、現在の資源量を高位と判断する情報も特にない。これらのことから、資源水準は中位で、資源動向は増加傾向と判断された。

(6) 再生産関係

親魚量と 1 才魚の加入量から再生産関係(図 10)を検討すると、1997 年から 2002 年にかけての親魚量の減少が翌年の加入減少に結びついていたことが示唆される。2003 年以降は親魚量の増加とともに翌年の加入尾数も増加しており、再生産成功率(表 3、図 11)も上昇している。2007 年の再生産成功率は前年よりやや減少したが、推定値の得られている 1986 年以降では 2 番目に高い値であった。親魚量と翌年の 1 歳魚尾数との間の再生産関係(図 12)によると、両者の間には正の相関関係が認められるものの、ともに比較的狭い範囲で変動していることから、再生産関係式を当てはめることは妥当ではないと考えられる。

(7) Blimit の設定

過去 20 年間の親魚量と加入量の推定値の間には明瞭な関係が認められない。そこで、高い加入量を実現するには、再生産成功率の低かった 2000 年の親魚量 9,700 トンを Blimit とし、それを下回った場合に資源の回復措置を計ることが妥当である。2007 年の親魚量は 12,300 トンで、Blimit 以上の水準にある。

(8) 生物学的な漁獲係数の基準値と現状の漁獲圧の関係

2007 年の選択率および過去 5 年平均の再生産成功率のもと、1 才魚の繁殖価が 1 になるようなターミナル F を求め、この時の F の年齢平均値を F_{sus} とした。 F 値の変化に伴う親魚量と期待漁獲量の推移を表 4 に示す。

年齢別選択率を一定(2005～2007 年平均)として F を変化させた場合の YPR と $\%SPR$ を図 13 に示す。現状の $F(0.46)$ は、資源量の維持を目標とする限界値($F_{sus}=0.49$)より小さいため、現状の再生産関係が続くかぎり加入乱獲の心配はないと考えられる。 $F_{current}$ は F_{max} や $F_{20\%SPR}$ より高く、成長乱獲傾向にあると考えられるが、過去 20 年間の平均的再生産関係が続くなら、資源量および親魚量は現状の漁獲強度でも増加すると考えられる。

(9) 種苗放流効果

本系群の分布水域内(鹿児島県佐多岬から鳥取県に至る九州西岸域と日本海域)では、鳥取県と福岡県を除く 6 県でマダイ人工種苗の放流が行われている。総放流数は、1999 年に 914 万尾に達した後は減少傾向に転じ、2007 年は前年より 88 万尾減少して 702 万尾であった(図 5)。総放流数に占める割合は、熊本県(41%)、鹿児島県(18%)、島根県(14%)、山口県(12%)の順で高かった。前年に比較すると、2 県で微増、4 県で減少した。

放流数と翌年の 1 歳魚加入尾数の関係(図 14)によると、1990 年代に入って両者はともに増加傾向を示した。しかし、1997 年以降は放流数が微増したのに対して 1 歳魚は急減、また 2006 年には 1 歳魚が急増したが、その前年までの放流数に大きな変化は見られなかった。このようにコホート解析が可能となった 1986 年以降において、両者の間に明瞭な関係は見られない。

本系群では、一部の水域を除いて天然個体と放流個体を区別した漁獲データが得られていないため、系群全体における人工種苗の添加効率を求めることは困難である。そこで、放流魚の 1 歳加入後の成熟や成長は天然魚と同じとみなし、仮定した添加効率(0.1、0.2、0.3)の下で各親魚量の将来予測を行なった。コホート解析で得られた 1 歳魚推定尾数から、前年の放流数に各添加効率を乗じた分を減じ、親魚と天然 1 歳魚間の再生産成功率を算出し、これらの過去 20 年間における中央値を将来予測における天然魚の再生産成功率とした。また、2008 年以降の 1 歳魚加入尾数の推定では、前年の親魚量に上記の再生産成功率を乗じたものに、放流数に各添加効率を乗じた種苗加入尾数を加算した。その他の条件は、5(2)の手法と同様である。放流数は、過去 5 年の平均値(786 万尾)が将来一定で継続するとした。各添加効率の下で放流がある場合とない場合に $F_{current}$ と F_{target} での漁獲を続けた場合の 2018 年までの親魚量の変化を表 5 に示す。例えば $F_{current}$ での 2018 年の親魚量を比較すると、添加効率 0.2 で放流する場合と放流しない場合ではそれぞれ 14,000 トンと 12,000 トンで前者は後者の 1.20 倍、 F_{target} の場合はそれぞれ 27,000 トンと 23,000 トンで前者は後者の 1.16 倍になる。また、添加効率 0.2 の場合、 F_{limit} で放流を続ける場合より F_{target} で放流を行なわない場合の方が、親魚量の増加量は大きくなる(図 15)。

5. 2009 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は、2004 年以降増加傾向にあり、2007 年は 1986 年以降で最大となった。再生産成功率は前年よりやや低下したものの、依然として過去 20 年で 2 番目に高いことから、現在の資源水準は中位で増加傾向にあると判断された。2007 年以降の再生産成功率(1 歳の加入尾数/親魚量)が過去 20 年間の平均的なレベルで続く場合、現状の F のまま推移しても、10 年後の親魚量は 2007 年の 1.4 倍に達する。このため、 $F_{current}$ のままで特に問題はないものと考えられる。

(2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

設定した再生産成功率(過去 20 年間の中央値)のもとで、複数の漁獲シナリオに基づいて F を変化させた場合の推定漁獲量と資源量予測を下表と図 16 に示す。 F_{sus} は現状の親魚量が 10 年間維持される値である。将来予測においては、2008 年の漁獲係数は 2007 年に同じ、また 2009 年以降は年齢別選択率を 2007 年と同じとし、漁獲係数の年齢平均値が各資源管理基準の F 値となるよう設定した。

漁獲シナリオ		漁獲量(千トン)						
	管理基準	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
現状の漁獲の継続	$F_{current}$ ($F=0.46$)	6,370	6,842	6,808	6,852	7,006	7,232	7,480
産卵親魚の維持	F_{sus} ($F=0.49$)	6,370	6,881	7,150	7,031	7,052	7,137	7,220
		資源量(千トン)						
	管理基準	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
現状の漁獲の継続	$F_{current}$ ($F=0.46$)	18,719	19,502	19,671	20,031	20,561	21,095	21,546
産卵親魚の維持	F_{sus} ($F=0.49$)	18,719	19,502	19,671	19,582	19,697	19,796	19,788

(3) ABC の再評価

データの更新による資源量と ABC の再評価値を下表に示す。2007 年(当初)の値は 2005 年までの漁獲データを用いた 2006 年における評価結果、2007 年(2007 年再評価)と 2008 年(当初)は 2006 年までのデータを用いた 2007 年における評価結果、2007 年(2008 年再評価)と 2008 年(2008 年再評価)は 2007 年までのデータを用いた今回の評価結果である。

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)	管理目標
2007 年(当初)	Fsim	14,435	4,937	4,123		親魚量回復
2007 年(2007 年再評価)	Fsim	19,842	6,426	5,384		親魚量回復
2007 年(2008 年再評価)	Fcurrent	18,719	6,370	5,335	6,686	親魚量増加
2008 年(当初)	Fsim	20,562	6,651	5,586		親魚量回復
2008 年(2008 年再評価)	Fcurrent	19,502	6,842	5,733		親魚量増加

6. ABC 以外の管理方策への提言

系群全体の放流効果は不明であるが、放流魚の混獲率は水域や市場間の格差が比較的大きいと見られることから、放流効果についてはより地域的な検討が重要と考えられる。

本種は養殖による収穫量が天然魚の漁獲量をはるかに上回っており、いずれの単価も下落傾向を示している。漁業者にとって魅力的な魚とは言えなくなったことが、資源管理上はプラスの効果をもたらしている可能性はあるものの、漁獲量と収穫量のバランスを計り、単価を回復させることも漁家経営上重要であろう。

7. 引用文献

- 秋元 聡・内田 秀和(1998)筑前海区におけるマダイ資源の現状と問題点. 水産海洋研究, 62(2), 128-131.
- 田中 昌一(1960)水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理. 東海水研報, (28), 1-200.
- 農林水産省統計情報部(1998)平成9年遊漁採捕量調査報告書, 1-115.
- Pope J.G.(1972)An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., 9, 65-74.

表 1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量変動

年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
漁獲量(トン)	11,166	10,493	8,759	10,268	8,596	8,121	7,517	7,729	8,000	8,320
年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
漁獲量(トン)	7,206	7,622	6,638	7,154	7,050	7,279	6,392	5,819	5,879	5,532
年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
漁獲量(トン)	5,154	5,111	5,327	5,495	5,754	5,669	5,973	6,555	6,716	6,666
年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
漁獲量(トン)	6,830	5,964	5,512	5,561	5,129	5,710	5,687	6,262	6,686	

表 2. 年齢別漁獲尾数とコホート解析結果

年齢別漁獲尾数											千尾
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+	合計
1986	4,427	2,766	1,912	542	285	233	133	150	39	40	10,528
1987	3,818	2,313	1,679	565	307	268	139	146	43	44	9,323
1988	4,038	2,359	1,864	542	282	255	122	138	36	40	9,675
1989	3,403	2,243	1,763	497	268	243	114	127	35	37	8,729
1990	3,844	2,417	1,521	501	271	224	124	150	35	37	9,125
1991	3,664	2,570	1,465	521	284	237	134	156	40	41	9,114
1992	3,423	2,465	1,428	532	285	240	130	149	39	41	8,732
1993	4,157	2,727	1,531	562	267	236	121	148	39	43	9,831
1994	4,751	2,829	1,528	526	254	218	111	144	36	41	10,439
1995	4,863	3,042	1,743	566	270	248	115	158	36	39	11,080
1996	4,600	3,126	1,707	536	334	307	180	235	46	49	11,120
1997	5,584	4,844	1,832	622	300	192	165	183	33	37	13,793
1998	4,676	4,352	1,630	603	299	179	158	167	38	53	12,155
1999	3,611	4,355	1,892	648	316	171	145	157	38	54	11,388
2000	2,952	3,466	1,826	615	297	148	152	148	34	48	9,686
2001	2,324	3,238	1,985	607	348	172	193	115	18	23	9,023
2002	3,553	3,278	1,798	769	337	159	147	105	17	22	10,186
2003	3,140	2,325	1,409	610	341	150	134	118	23	29	8,281
2004	3,143	2,512	1,518	661	343	144	107	134	21	28	8,611
2005	3,227	2,750	1,601	697	372	141	93	127	23	29	9,060
2006	3,824	3,257	1,817	667	397	195	139	94	31	29	10,450
2007	3,860	4,251	1,612	610	382	199	154	74	37	36	11,215

年齢別資源尾数											千尾	トン	トン
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+	合計	資源量	産卵親魚量
1986	12,706	7,365	4,227	1,927	1,150	737	435	277	101	104	29,029	17,147	10,762
1987	11,996	7,054	3,901	1,934	1,192	746	432	259	104	106	27,723	16,723	10,689
1988	11,832	7,000	4,052	1,866	1,176	763	407	251	91	103	27,540	16,558	10,511
1989	11,427	6,648	3,961	1,825	1,137	773	434	244	92	100	26,642	16,240	10,427
1990	12,097	6,887	3,760	1,840	1,144	752	454	276	96	101	27,409	16,451	10,523
1991	11,905	7,065	3,808	1,889	1,152	755	453	284	103	107	27,521	16,688	10,698
1992	11,816	7,064	3,820	1,984	1,178	750	444	274	104	109	27,541	16,783	10,802
1993	12,795	7,212	3,919	2,030	1,250	771	436	269	102	113	28,897	17,267	11,048
1994	13,691	7,386	3,803	2,020	1,263	852	459	272	99	113	29,958	17,636	11,263
1995	14,122	7,619	3,861	1,920	1,288	876	547	301	105	114	30,754	18,190	11,640
1996	15,650	7,895	3,866	1,770	1,163	883	539	375	117	122	32,381	18,458	11,576
1997	16,502	9,490	4,030	1,809	1,059	713	490	307	110	122	34,633	18,415	10,711
1998	15,393	9,317	3,824	1,835	1,011	653	449	277	99	139	32,998	17,656	10,259
1999	13,582	9,191	4,134	1,844	1,053	612	408	247	88	124	31,284	17,239	10,035
2000	11,997	8,594	4,020	1,871	1,018	632	380	224	71	101	28,907	16,362	9,668
2001	11,406	7,813	4,328	1,832	1,074	620	420	192	58	75	27,817	16,056	9,640
2002	11,835	7,882	3,854	1,955	1,047	621	385	189	62	78	27,907	15,810	9,487
2003	11,517	7,106	3,877	1,711	1,003	607	398	202	68	87	26,577	15,213	9,236
2004	11,910	7,214	4,087	2,098	937	565	395	225	67	87	27,585	15,804	9,647
2005	12,460	7,557	4,007	2,181	1,230	505	363	248	73	90	28,715	16,458	10,116
2006	16,940	7,965	4,086	2,032	1,270	736	313	233	100	95	33,770	17,679	10,498
2007	15,455	11,358	3,969	1,898	1,166	748	466	146	118	115	35,439	18,719	10,443

年齢別漁獲係数										
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+
1986	0.46	0.51	0.66	0.36	0.31	0.41	0.40	0.86	0.53	0.53
1987	0.41	0.43	0.61	0.37	0.32	0.48	0.42	0.92	0.59	0.59
1988	0.45	0.44	0.67	0.37	0.29	0.44	0.38	0.88	0.54	0.54
1989	0.38	0.44	0.64	0.34	0.29	0.41	0.33	0.81	0.51	0.51
1990	0.41	0.47	0.56	0.34	0.29	0.38	0.34	0.86	0.49	0.49
1991	0.40	0.49	0.53	0.35	0.30	0.41	0.38	0.88	0.53	0.53
1992	0.37	0.46	0.51	0.34	0.30	0.42	0.37	0.86	0.51	0.51
1993	0.42	0.52	0.54	0.35	0.26	0.39	0.35	0.88	0.52	0.52
1994	0.46	0.52	0.56	0.32	0.24	0.32	0.30	0.83	0.49	0.49
1995	0.46	0.55	0.65	0.38	0.25	0.36	0.25	0.82	0.46	0.46
1996	0.38	0.55	0.63	0.39	0.36	0.46	0.44	1.10	0.55	0.55
1997	0.45	0.78	0.66	0.46	0.36	0.34	0.44	1.00	0.39	0.39
1998	0.39	0.69	0.60	0.43	0.38	0.34	0.47	1.02	0.53	0.53
1999	0.33	0.70	0.67	0.47	0.38	0.35	0.48	1.13	0.62	0.62
2000	0.30	0.56	0.66	0.43	0.37	0.29	0.56	1.22	0.71	0.71
2001	0.24	0.58	0.67	0.43	0.42	0.35	0.67	1.01	0.40	0.40
2002	0.39	0.58	0.69	0.54	0.42	0.32	0.52	0.89	0.35	0.35
2003	0.34	0.43	0.49	0.48	0.45	0.30	0.44	0.98	0.45	0.45
2004	0.33	0.46	0.50	0.41	0.49	0.32	0.34	1.00	0.41	0.41
2005	0.32	0.49	0.55	0.42	0.39	0.35	0.32	0.78	0.42	0.42
2006	0.27	0.57	0.64	0.43	0.40	0.33	0.64	0.56	0.40	0.40
2007	0.31	0.51	0.57	0.42	0.43	0.33	0.43	0.78	0.41	0.41

表 3. 親魚量・加入量・再生産成功率の推移

年	親魚量 (t)	翌年の1歳魚尾数 (千尾)	再生産成功率 (尾/g)
1986	10,762	11,996	1.11
1987	10,689	11,832	1.11
1988	10,511	11,427	1.09
1989	10,427	12,097	1.16
1990	10,523	11,905	1.13
1991	10,698	11,816	1.10
1992	10,802	12,795	1.18
1993	11,048	13,691	1.24
1994	11,263	14,122	1.25
1995	11,640	15,650	1.34
1996	11,576	16,502	1.43
1997	10,711	15,393	1.44
1998	10,259	13,582	1.32
1999	10,035	11,997	1.20
2000	9,668	11,406	1.18
2001	9,640	11,835	1.23
2002	9,487	11,517	1.21
2003	9,236	11,910	1.29
2004	9,647	12,460	1.29
2005	10,116	16,940	1.67
2006	10,498	15,455	1.47

表 4. F を変化させた場合の漁獲量と親魚量の変動予測

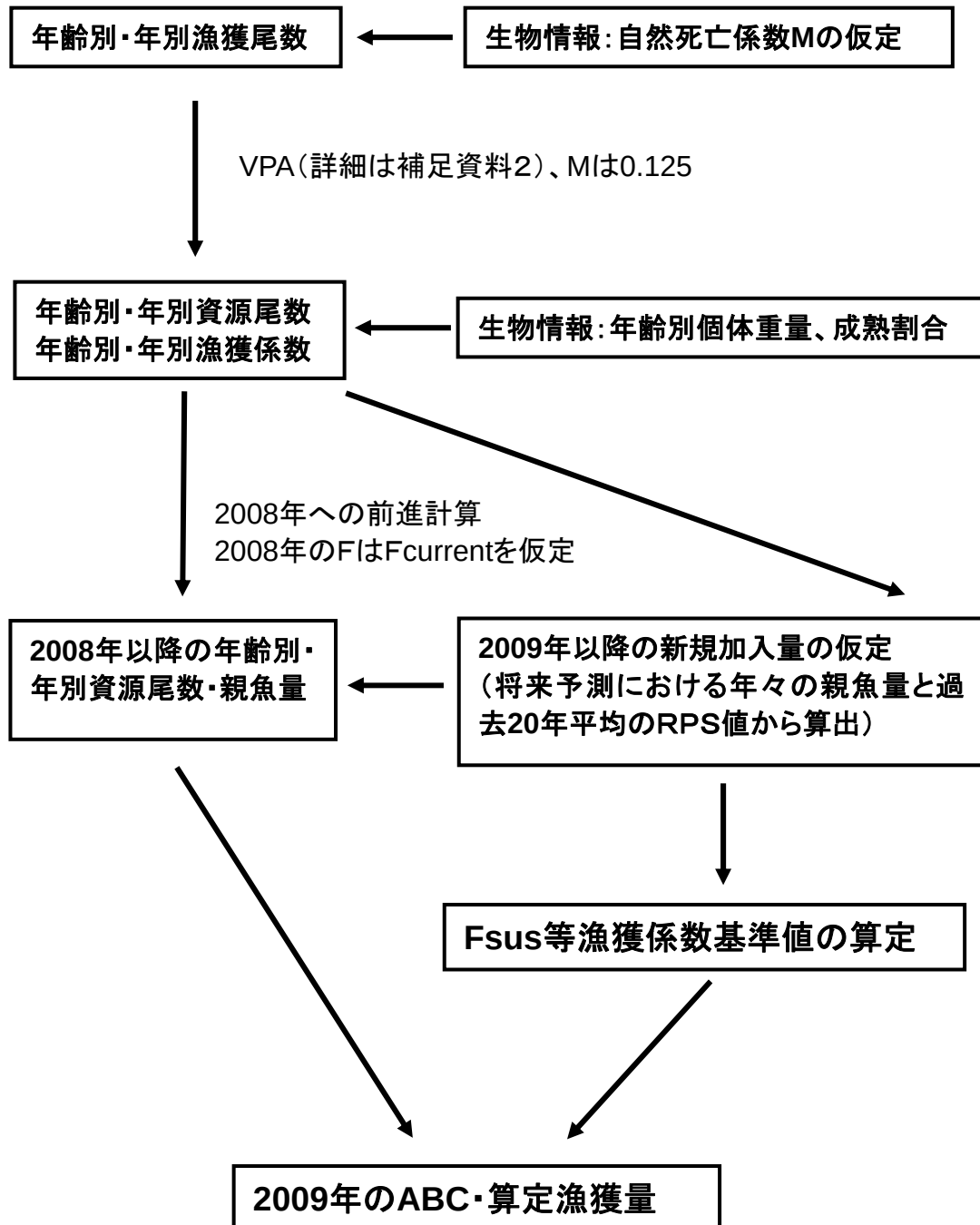
		漁獲量(トン)								親魚量(トン)							
F	基準値	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
0.00		0	0	0	0	0	0	0	12,316	20,300	32,093	47,960	69,197	101,558	150,621		
0.05	0.1F _{sus}	894	1,305	1,833	2,583	3,767	5,367	7,625	12,316	19,279	29,023	41,601	57,854	81,638	116,289		
0.10	0.2F _{sus}	1,726	2,411	3,258	4,424	6,200	8,482	11,575	12,316	18,331	26,307	36,207	48,577	65,961	90,327		
0.15	0.3F _{sus}	2,535	3,383	4,396	5,751	7,738	10,156	13,306	12,316	17,413	23,800	31,437	40,666	53,093	69,844		
0.19	0.4F _{sus}	3,288	4,199	5,254	6,627	8,566	10,798	13,596	12,316	16,560	21,581	27,387	34,188	42,951	54,330		
0.24	0.5F _{sus}	4,019	4,909	5,912	7,185	8,914	10,785	13,044	12,316	15,734	19,532	23,804	28,657	34,617	42,074		
0.29	0.6F _{sus}	4,700	5,498	6,380	7,477	8,912	10,358	12,046	12,316	14,966	17,718	20,759	24,123	28,040	32,776		
0.34	0.7F _{sus}	5,362	6,002	6,709	7,578	8,668	9,672	10,810	12,316	14,223	16,042	18,063	20,247	22,629	25,419		
0.39	0.8F _{sus}	5,992	6,419	6,916	7,529	8,265	8,854	9,513	12,316	13,517	14,528	15,725	17,005	18,273	19,728		
0.44	0.9F _{sus}	6,579	6,755	7,023	7,374	7,774	8,005	8,275	12,316	12,862	13,186	13,737	14,343	14,830	15,401		
0.49	1.0F _{sus}	7,150	7,031	7,052	7,137	7,220	7,140	7,098	12,316	12,226	11,946	11,974	12,063	11,991	11,970		

表 5. 仮定した添加効率下での 10 年後の親魚量予測結果

F _{current}	添加効率	放流あり		親魚量比 放流有/無
		2018年 t	2018年 t	
	0.0	14,574	14,574	1.00
	0.1	14,240	13,052	1.09
	0.2	14,009	11,702	1.20
	0.3	14,178	10,791	1.31

F _{target}	添加効率	放流あり		親魚量比 放流有/無
		2018年 t	2018年 t	
	0.0	29,164	29,164	1.00
	0.1	28,128	26,157	1.08
	0.2	27,300	23,487	1.16
	0.3	27,264	21,682	1.26

補足資料1



補足資料2

年別年齢別資源尾数の算出には、下記のPopeの近似式(Pope,1972)を用い、チューニングを用いない基本的なVPAによって行なった。

$$Pope \text{ の近似式} \quad : \quad N_{a,y} = N_{a+1,y+1} e^M + C_{a,y} e^{\frac{1}{2}M}$$

ここで $N_{a,y}$: y年のa歳魚資源尾数

$C_{a,y}$: y年のa歳魚漁獲尾数

各県によって推定される年齢組成が異なるため、10歳以上の漁獲尾数を10+歳として集計した。自然死亡係数Mは年齢によらず一定とし、寿命を20年として田内・田中の式(田中 1960)(寿命をn年とすると、 $M=2.5/n$)で求めた0.125を用いた。成長に関するパラメータは、従来本系群に用いられてきた値に従った。

コホートがまだ完結していない年級群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去3年間平均の漁獲係数Fを用いて計算した。2003年の最高年齢のFは、同一年の1歳若い年齢群のFと同じになるよう調整し、高齢部分の計算には以下の式を用いた。なお、1993年頃から各地で0歳魚の捕獲が禁止されたため、資源への加入年齢は1歳とし、解析では0歳魚を除外した。

$$N_{9,y} = \frac{C_{9,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}} N_{10+,y+1} e^M + C_{9,y} e^{\frac{1}{2}M}$$

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y}} N_{9,y} \quad \text{ただし、yは年}$$

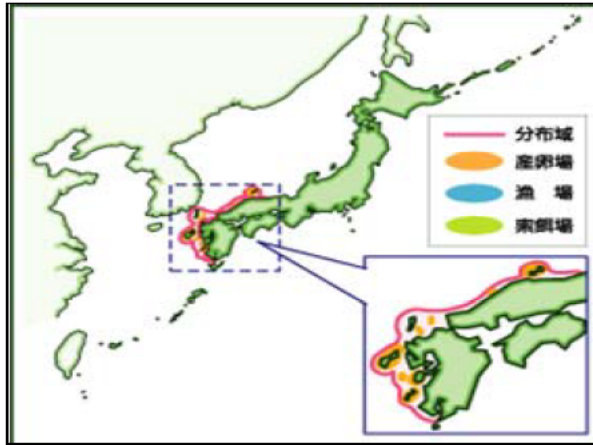


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布と回遊

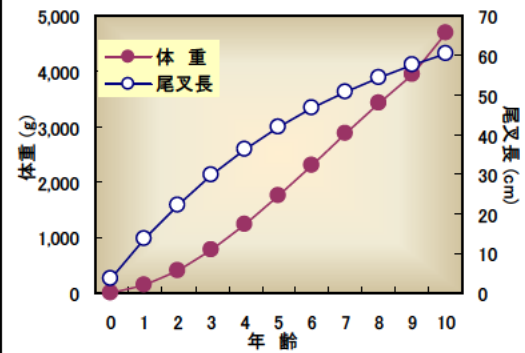


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢と成長

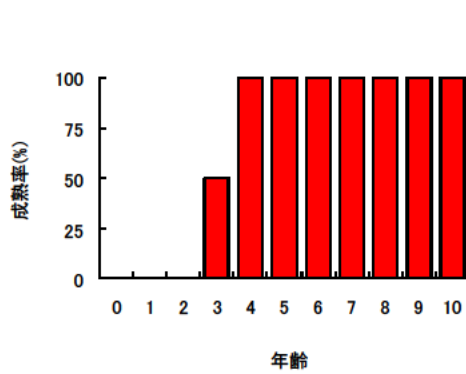


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

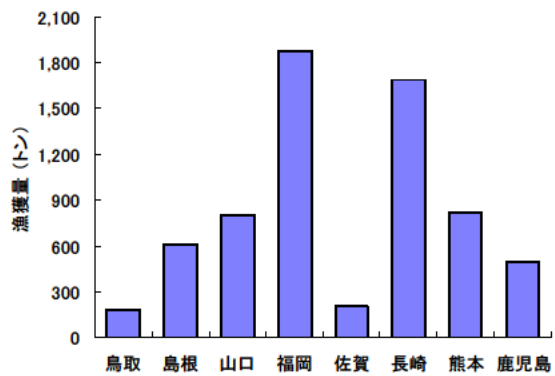


図4. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別の2007年漁獲量

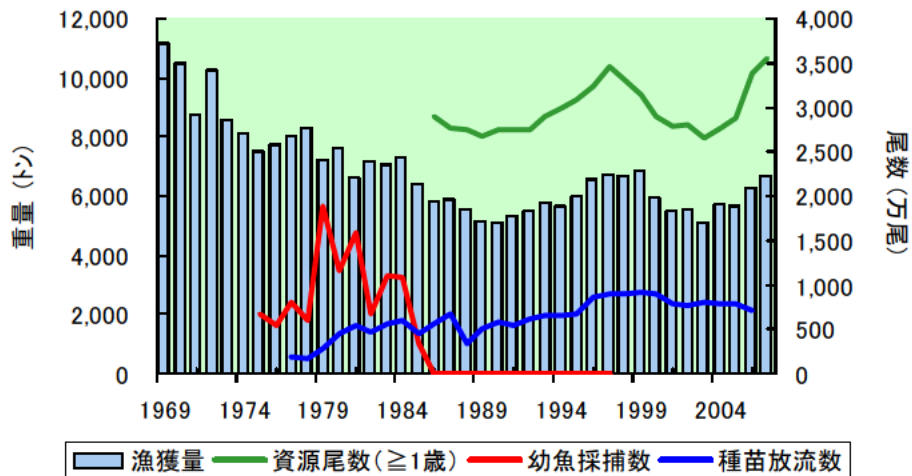


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、1歳以上の資源尾数、養殖用天然幼魚の採捕尾数、および人工種苗放流数の経年変化
天然幼魚採捕尾数の一部は秋元・内田(1998)による

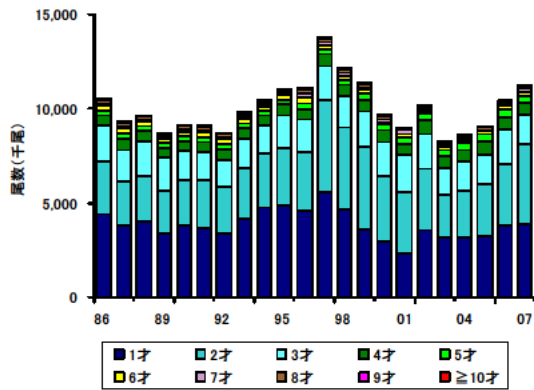


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

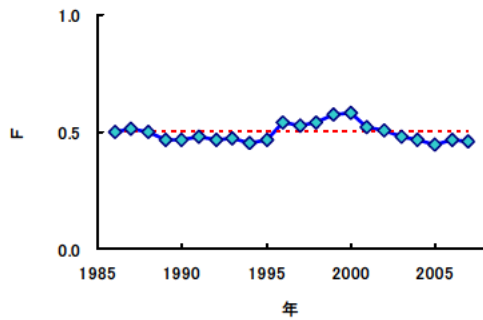


図8. 漁獲係数の経年変化.点線は平均値

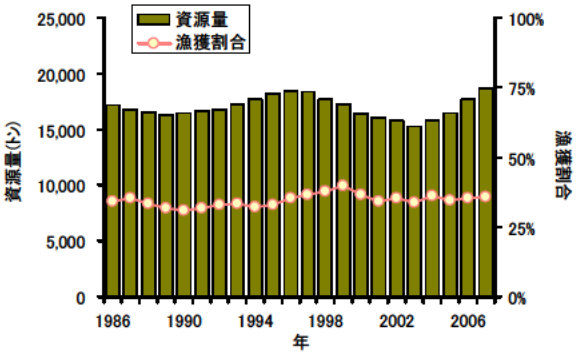


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

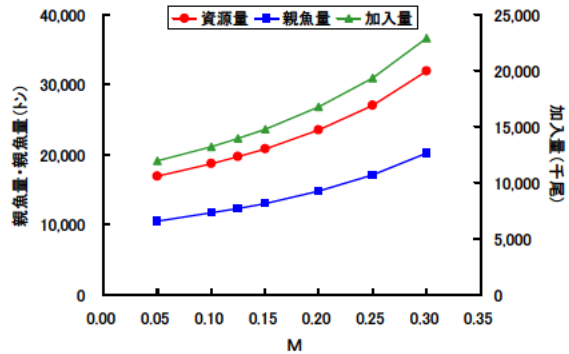


図9. Mの変化に伴う資源量、親魚量、加入量の変化

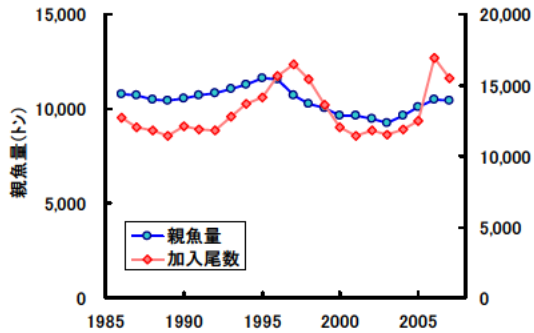


図10. 親魚量と1歳魚加入量の経年変化

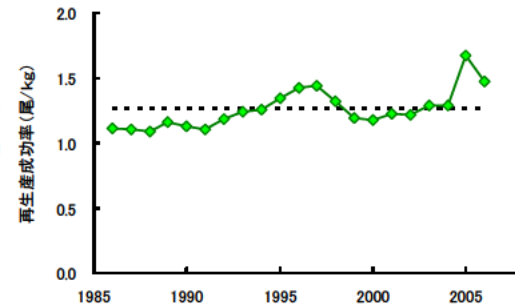


図11. 再生産成功率の経年変化
点線は過去平均値

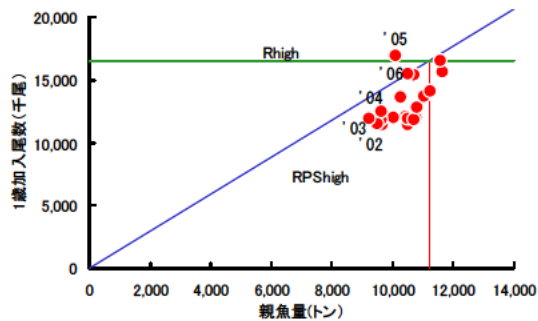


図12. 再生産関係

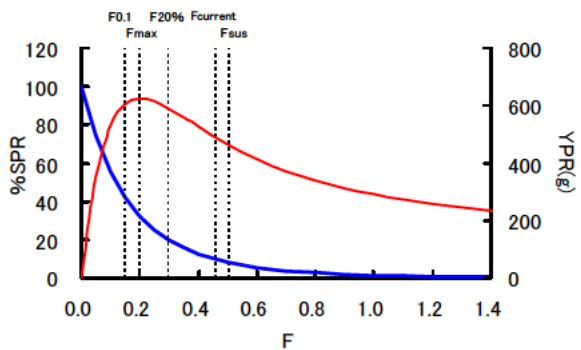


図13. F値による%SPR(青)とYPR(赤)の変化

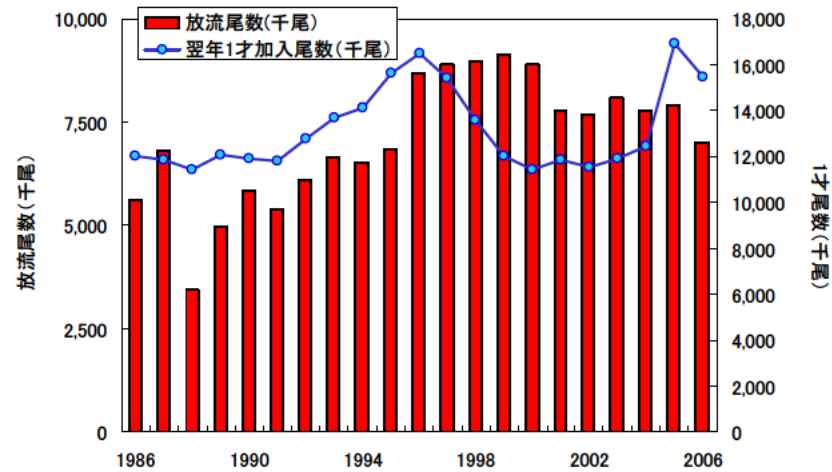


図14. 種苗放流数と翌年の1歳魚加入尾数推定値の経年変動

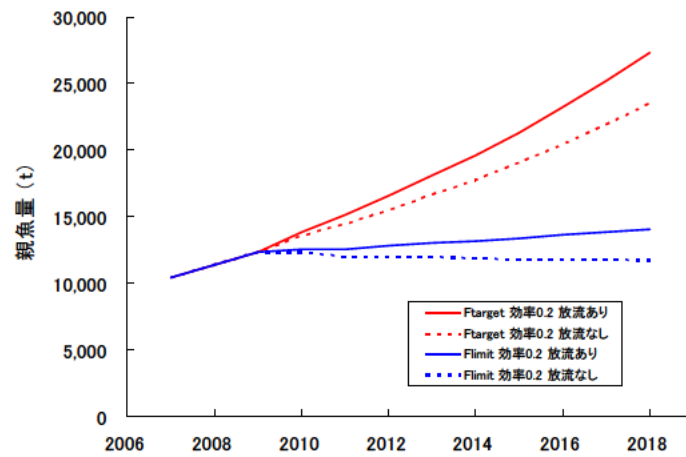


図15. 添加効率0.2の場合のF値別・放流有無別の親魚量将来予測結果

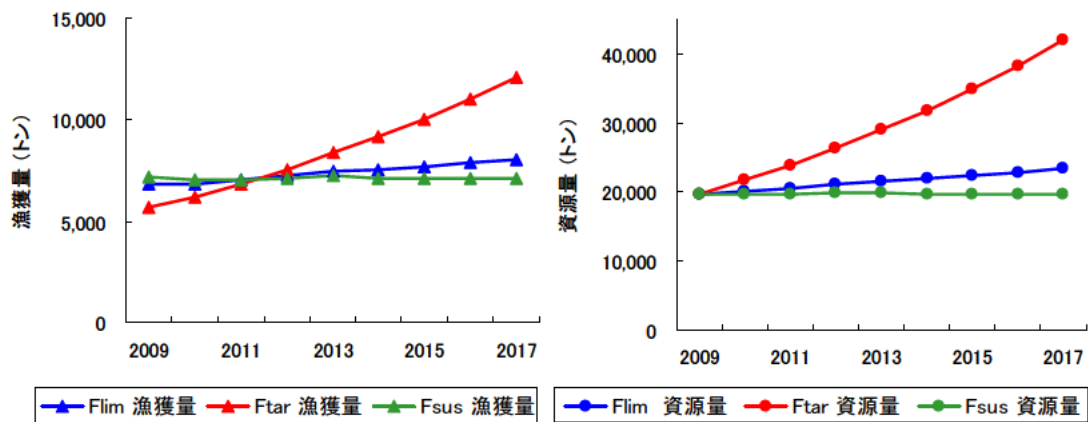


図16. 異なるF値による漁獲量(左)と親魚量(右)の予測推移